

Как видно из рис. 1, данные ТГА анализа можно использовать для оценки технических характеристик угля. В случае конверсии в среде O_2/N_2 остаточная масса характеризует зольность образца, которая оказывается близкой к данным технического анализа. Начиная с температуры 600 °С, масса образцов практически не менялась. Расхождение остаточной массы двух образцов на 6% может свидетельствовать о неоднородности использованных проб угля.

По кривым конверсии в среде Ar можно оценить выход летучих веществ. Убыль массы при достижении температуры 900 °С составила около 30–33 %. Таким образом, медленный пиролиз в ТГА приводит к меньшему выходу летучих веществ, чем при условии быстрого нагрева в муфельной печи в соответствии с методикой технического анализа.

На рис. 2 приведена зависимость скорости убыли массы исследуемых образцов.

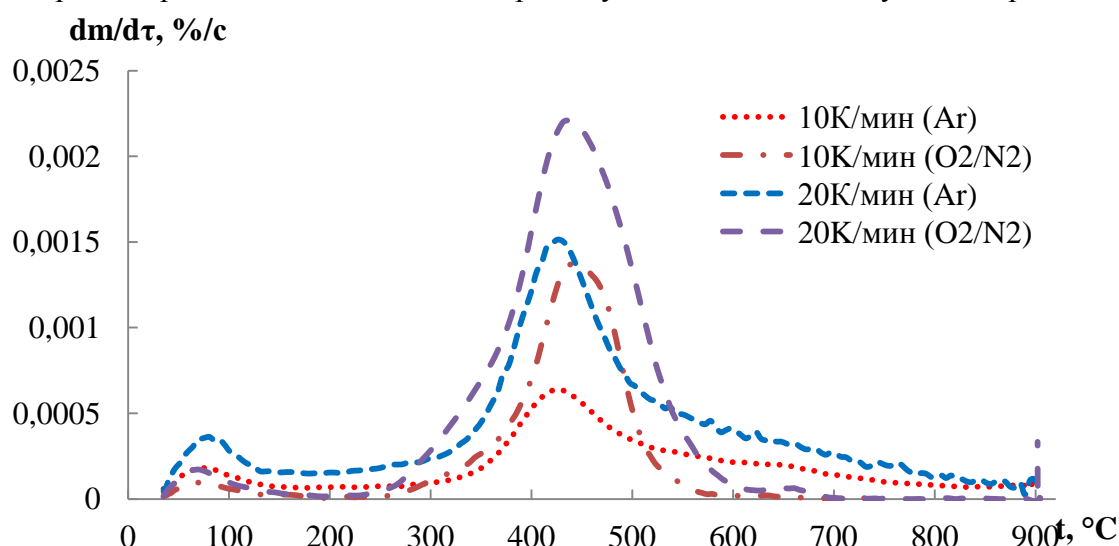


Рис. 2. Зависимость скорости термодеструкции образцов от температуры

На рис. 2 заметны два пика, соответствующие выходу влаги и выходу летучих веществ. В случае окислительной среды к убыли массы за счет выхода летучих добавляется убыль массы за счет выгорания коксового остатка.

При сопоставлении характера выхода летучих веществ в различной атмосфере можно отметить, что в окислительной среде выход летучих начинается при более низких температурах, чем в инертной среде. Пик убыли массы для приходится на диапазон температур 420–440 °С. С ростом скорости нагрева интенсивность выхода летучих возрастает. Далее в инертной среде выход летучих продолжается на протяжении всего процесса нагрева, но уже с меньшей скоростью. В окислительной среде выгорание образцов завершается при температуре 600 °С.

УДК 66.045.13

Н. Б. Лошкарев, Д. Ф. Муксинов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия,

ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ»), г. Екатеринбург, Россия

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С ПЛАВКИМ ЯДРОМ

Аннотация

В данной статье были рассмотрены недостатки существующих регенеративных теплообменников. Интенсификация процессов в металлургических агрегатах, экономия расхода топлива, уменьшение размеров регенераторов, утилизация тепла уходящих газов вы-

двигают задачу создания регенеративного теплообменника, использующего в своей основе процессы плавления и кристаллизации металла в полости теплообменника.

Ключевые слова: регенеративный теплообменник, плавление и кристаллизация, скрытая теплота кристаллизации.

Abstract

In this article, the shortcomings of existing regenerative heat exchangers were examined. Intensification of processes in the metallurgical units, fuel economy, reducing the size of the regenerators, heat recovery exhaust gases push the task of creating a regenerative heat exchanger uses basically metal melting and crystallization processes in the cavity of the heat exchanger.

Keywords: regenerative heat exchanger, melting and crystallization, the latent heat of crystallization.

Регенеративные горелки работают по принципу краткосрочной аккумуляции энергии дымовых газов в регенераторах. Такие горелки позволяют утилизировать 85–90% тепла отходящих газов печи, обеспечивая подогрев воздуха до очень высоких температур, которые могут достигать температуры на 100–150°C меньше, чем рабочая температура печи. Горелки подобного типа могут быть использованы в диапазоне рабочих температур 800–1500 °C, что позволяет сэкономить до 60% топлива.

Поскольку с уходящими газами теряется огромное количество тепла, возникает необходимость каким-то образом использовать его полезно. В настоящее время разработаны способы и средства утилизации тепла уходящих газов, что повышает экономичность процесса и коэффициент использования тепла. Снижение расхода топлива в результате утилизации тепла отходящих дымовых газов обычно дает значительный экономический эффект и является одним из путей снижения стоимости нагрева металла в промышленных печах.

Кроме экономии топлива, применение подогрева воздуха (газа) сопровождается увеличением калориметрической температуры горения, что может являться основной целью регенерации при отоплении печей топливом с низкой теплотой сгорания. Так как утилизация тепла позволяет значительно экономить топливо, целесообразно стремиться к максимально возможной экономически оправданной степени утилизации.

С теплотехнической точки зрения утилизация тепла уходящих газов приводит к следующему:

- а) экономия топлива;
- б) повышение температуры горения;
- в) интенсификация горения топлива.

Однако теплообменники регенеративного типа имеют следующие недостатки:

- 1) регенераторы не обеспечивают постоянную температуру подогрева воздуха или газа, которая падает по мере остывания насадки и ограничивает возможность применения автоматического регулирования печи;
- 2) прекращается питание печи теплом на время перекидки клапанов;
- 3) при подогреве топлива в регенераторах имеет место потеря топлива через дымовую трубу, при этом величина уноса может достигать 5–6 % полного расхода;
- 4) большие объемы и масса регенераторов.

Многие из выше перечисленных недостатков можно устранить, изменив насадку регенератора. Насадка должна состоять из последовательно расположенных теплоёмких элементов в форме пластины полой структуры толщиной 20 миллиметров с плавящимся ядром, что подразумевает в себе наличие жидкого металла в полости этого элемента. Известно, что при плавлении и кристаллизации металла выделяется одно и то же количество тепла. Скрытая теплота плавления металлов наряду с удельной теплоемкостью в значительной степени определяет необходимую мощность плавильного агрегата. Для расплавления легкоплавкого металла иногда требуется больше тепловой энергии, чем для тугоплавкого. Например, для нагревания меди от 20 до 1133°C потребуются в полтора раза меньше тепловой энергии, чем для нагревания такого же количества алюминия от 20 до 710 °C, тем самым осложняется ре-

шение задач тепловой работы такого регенератора. В свою очередь скрытая теплота кристаллизации даёт в десятки раз выше теплоёмкость насадки, в отличие от многих существующих регенераторов. Эффективность высокотемпературного регенеративного теплообменника определяется удельной поверхностью насадки и ее аккумулирующей способностью [1].

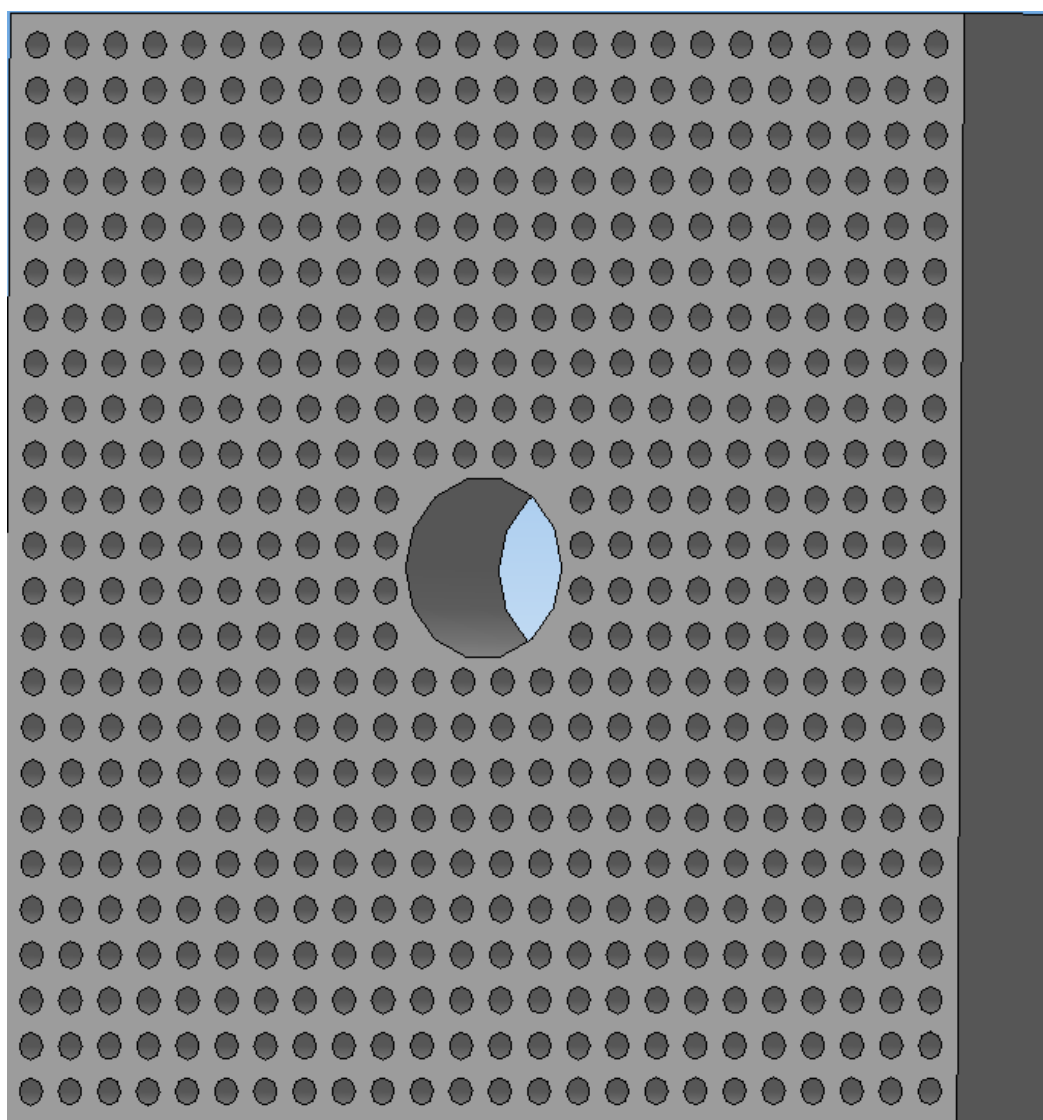


Рис. 1. Теплоёмкий элемент насадки регенератора

В конструкции теплоёмкого элемента предусматривается множество маленьких отверстий для движения газов размером 3 мм. Объём окружающий отверстия заполнен металлом, например, масса такого объёма теплоёмкого элемента, содержащего медь, равна 1,232 кг. Каждый из аккумулирующих элементов заполнен металлами с разной температурой плавления, разной плотности, массы, которые поочередно в процессе нагрева будут получать количество тепла необходимое для плавления ядра, но секций аккумуляторов тепла, заполненных одним и тем же металлом, может быть несколько. В свою очередь при процессе охлаждения ядро теплообменников будет кристаллизироваться, что сопровождается выделением тепла. Наличие металла позволяет использовать его скрытую теплоту плавления. Известно, что при нагреве до определённых температур твёрдые металлы начинают плавиться, а при охлаждении до почти тех же температур жидкие металлы начинают кристаллизироваться. При охлаждении жидкого расплава при температуре кристаллизации равной температуре плавления начинается переход металла из жидкой фазы в твёрдое состояние. При этом выделяется количество тепла, равное теплоте плавления. Термодинамической движущей силой кристаллизации является выделение скрытой теплоты кристаллизации.

Были подобраны металлы и их сплавы для теплообменника в интервале температур в пределе 100–150 градусов, что показано в таблице 1.

Таблица 1

Металлы и сплавы для теплоёмких элементов регенератора

Металл или сплав	Температура плавления, °С
Висмут 16%, Свинец 36%, Олово 48%	160
Олово 89%, Цинк 11%	198
Олово	231,9
Свинец	327
Силумины	550–560
Магний	650
Алюминий	658
Алюминиево-марганцевый сплав (92–88% Al и 8–12% Mn)	770–830
Латунь марки Л62	905
Латунь марки Л85	1025
Бронзы	1010–1140
Медь	1083

Поскольку с уходящими газами теряется огромное количество тепла, возникает необходимость каким-то образом использовать его полезно. В настоящее время разработаны способы и средства утилизации тепла уходящих газов, что повышает экономичность процесса и коэффициент использования тепла.

Основные недостатки современных регенераторов это – изменение температуры подогрева воздуха и большие размеры насадки. Замена керамической насадки на насадку с плавким ядром (теплообменники, заполненные металлом) позволит намного уменьшить размеры регенераторов, что повлечёт за собой серьёзную экономию средств, а также решит проблему непостоянства температуры в регенераторе между периодами нагрева и охлаждения.

Список использованных источников

1. Тихонов Б.А., Гордон Я.М. Гурашвили В.А., Ярошенко Ю.Г., Раева М.А. Особенности тепловой работы компактных слоевых регенераторов. Известия ВУЗов. Черн. Метал. 1984. №6. – С. 108–110.

УДК 536.4; 66.045.12

Ю. А. Марчкова, П. С. Филиппов, В. А. Микула

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ ДЛЯ ПГУ С ВГЦ

Аннотация

Были рассмотрены основные концепции охлаждения синтез-газа. Наиболее подробно разобрана концепция конвективного газоохладителя синтез-газа. Проведено моделирование и верификация элемента конвективного газоохладителя в пакете CFD. Рассчитан коэффициент теплоотдачи со стороны синтез-газа.

Ключевые слова: ПГУ–ВГЦ, конвективный газоохладитель, радиационный газоохладитель, газоохладитель со спиральными нагревательными поверхностями, пакет CFD.